

PENGUNAAN TEKNIK VOLTAMMETRI BAGI PENENTUAN  
PEWARNA AMARANTH, TARTRAZINA DAN  
CAMPURAN KEDUA-DUANYA

SITI HADIJAH BINTI SARIKAWI

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

PENGUNAAN TEKNIK VOLTAMMETRI BAGI PENENTUAN  
PEWARNA AMARANTH, TARTRAZINA DAN  
CAMPURAN KEDUA-DUANYA

SITI HADIJAH BINTI SARIKAWI

Tesis ini dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Sains (Kimia)

Fakulti Sains  
Universiti Teknologi Malaysia

JULAI 2008

Khas buat mak dan abah

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah dan segala puji-pujian bagi Allah S.W.T. kerana dengan rahmatnya penyelidikan dan penulisan tesis ini dapat disiapkan. Penulis ingin merakamkan jutaan penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Razali Ismail selaku penyelia tesis di atas segala bimbingan dan tunjuk ajar yang diberikan sepanjang tempoh penyelidikan.

Jutaan terima kasih juga kepada kedua ibu dan bapa serta ahli keluarga yang banyak memberi sokongan dan dorongan kepada penulis. Penulis juga ingin merakamkan ribuan terima kasih di atas kerjasama dan bantuan yang dihulurkan oleh kakitangan Jabatan Kimia, Perpustakaan Sultanah Zanariah dan juga para pelajar yang menjalankan kajian di Makmal Penyelidikan Radiokimia, Fakulti Sains.

Akhir sekali ucapan terima kasih juga kepada mereka yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam membantu menjayakan penyelidikan ini.

## ABSTRAK

Elektrod titisan raksa tergantung (HMDE), elektrod pasta karbon (CPE), elektrod karbon cetakan skrin gandingan Ag/AgCl (SPCE Ag/AgCl), dan elektrod karbon cetakan skrin gandingan Ag/AgCl dan Ag (SPCE Ag/AgCl & Ag) telah digunakan sebagai elektrod kerja bagi penentuan pewarna amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya. Kajian voltammetri berkitar (CV) mendapati bahawa amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya mampu terturun pada permukaan HMDE, CPE, SPCE Ag/AgCl dan SPCE Ag/AgCl & Ag di dalam medium pH berasid. Kajian pengoptimuman parameter menggunakan teknik voltammetri denyut pembeza (DPV) menunjukkan yang nilai pH larutan elektrolit penyokong, masa pengumpulan, kadar imbasan dan adukan mempengaruhi nilai arus ( $I_p$ ) puncak penurunan pewarna yang dihasilkan oleh kesemua elektrod ini. Aplikasi SPCE Ag/AgCl bersama teknik DPV di dalam penimbal Britton-Robinson (BR) pH 2.31 pada keadaan tanpa nyah oksigen berjaya mengesan kehadiran puncak penurunan amaranth dan tartrazina. Pra-rawatan kimia SPCE Ag/AgCl & Ag dengan larutan  $\text{NaHCO}_3$  1 M telah berjaya menghasilkan had pengesanan (LOD) serendah  $10^{-8}$  M. Penggunaan HMDE bagi penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya menghasilkan LOD  $3.2 \times 10^{-9}$  M -  $11.6 \times 10^{-9}$  M. Penggunaan CPE bagi penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya memberikan LOD yang lebih besar iaitu  $7.5 \times 10^{-9}$  M -  $3 \times 10^{-8}$  M. Penggunaan SPCE Ag/AgCl bagi penentuan amaranth dan tartrazina dalam sel masing-masing menghasilkan LOD  $7.7 \times 10^{-7}$  M dan  $8.1 \times 10^{-7}$  M. Penggunaan SPCE Ag/AgCl dalam bikar pula menghasilkan LOD  $10.2 \times 10^{-7}$  M bagi amaranth dan  $7.4 \times 10^{-7}$  M bagi tartrazina. Penggunaan SPCE Ag/AgCl & Ag bagi penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya menghasilkan LOD  $1.6 \times 10^{-8}$  M -  $11 \times 10^{-8}$  M. Kebolehulangan bagi kesemua elektrod menghasilkan arus puncak penurunan pewarna yang konsisten adalah mengikut turutan berikut: HMDE > CPE > SPCE Ag/AgCl & Ag > SPCE Ag/AgCl.

## ABSTRACT

Hanging mercury dropping electrode (HMDE), carbon paste electrode (CPE), screen-printed carbon electrode combined with Ag/AgCl (SPCE Ag/AgCl), and screen-printed carbon electrode combined with Ag/AgCl and Ag (SPCE Ag/AgCl & Ag) have been applied as working electrodes in determination of amaranth, tartrazine and both dyes mixture. Cyclic voltammetry (CV) studies showed that amaranth, tartrazine and the mixture of both dyes were able to reduce at the surface of HMDE, CPE, SPCE Ag/AgCl and SPCE Ag/AgCl & Ag in acidic pH medium. Parameters optimization using differential pulse voltammetry (DPV) technique showed that the pH of supporting electrolyte, accumulation time, scanning and stirring rate affected the current value ( $I_p$ ) of the dyes reduction peak produced via these electrodes. Application of SPCE Ag/AgCl with DPV technique in Britton-Robinson (BR) buffer pH 2.31 at non-aerated condition was able to detect reduction peak of amaranth and tartrazine. Chemical pre-treatment of SPCE Ag/AgCl & Ag with 1 M  $\text{NaHCO}_3$  solution has succeeded producing low limit of detection (LOD) as small as  $10^{-8}$  M. The usage of HMDE for determination of amaranth, tartrazine and both dyes mixture produced LOD  $3.2 \times 10^{-9}$  M -  $11.6 \times 10^{-9}$  M. The usage of CPE for determination of amaranth, tartrazine and both dyes mixture produced bigger LOD which is  $7.5 \times 10^{-9}$  M -  $3 \times 10^{-8}$  M. The usage of SPCE Ag/AgCl for determination of amaranth and tartrazine in cell produced LOD  $7.7 \times 10^{-7}$  M and  $8.1 \times 10^{-7}$  M respectively. The usage of SPCE Ag/AgCl in beaker produced LOD  $10.2 \times 10^{-7}$  M for amaranth and  $7.4 \times 10^{-7}$  M for tartrazine. The usage of SPCE Ag/AgCl & Ag for determination of amaranth, tartrazine and both dyes mixture produced LOD  $1.6 \times 10^{-8}$  M -  $11 \times 10^{-8}$  M. The repeatability of these electrodes in producing consistent reduction peak current for the dyes is as follows: HMDE > CPE > SPCE Ag/AgCl & Ag > SPCE Ag/AgCl.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xix
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xx
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	lii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	lv
<b>1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	1
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latar Belakang Kajian	2
	1.3 Tujuan dan Objektif Kajian	3
	1.4 Skop Kajian	4
<b>2</b>	<b>TEKNIK VOLTAMMETRI DAN PEWARNA MAKANAN</b>	5
	2.1 Pengenalan Voltammetri	5
	2.1.1 Sel Voltammetri	6
	2.1.2 Sistem Elektrod	7

	2.1.3	Jenis Elektrod Kerja dalam Analisis Voltammetri	8
	2.1.4	Voltammetri Berkitar (CV)	9
	2.1.5	Voltammetri Denyut Pembeza (DPV)	10
2.2		Pewarna	12
	2.2.1	Struktur Kimia Pewarna Sintetik	13
	2.2.2	Aplikasi Pewarna Sintetik dalam Makanan	16
	2.2.3	Isu Keselamatan Pewarna Makanan	17
	2.2.4	Kaedah Analisis Pewarna Sintetik	19
		2.2.4.1 Teknik Kromatografi Cecair	19
		2.2.4.2 Teknik Elektroforesis Kapilari	20
		2.2.4.3 Teknik Spektrometri	20
		2.2.4.4 Teknik Polarografi dan Voltammetri	21
<b>3</b>		<b>ELEKTROD KERJA</b>	<b>25</b>
3.1		Elektrod Raksa	25
	3.1.1	Elektrod Titisan Raksa Tergantung (HMDE)	25
	3.1.2	Penentuan Beberapa Sebatian Menggunakan Elektrod Titisan Raksa Tergantung	26
3.2		Elektrod Pasta Karbon (CPE)	27
	3.2.1	Serbuk Karbon	28
	3.2.2	Cecair Pengikat Pasta	28
	3.2.3	Pembinaan Elektrod Pasta Karbon	29
	3.2.4	Sifat Pasta Karbon	30
	3.2.5	Pengkutuban Elektrod Pasta Karbon	31
	3.2.6	Pengumpulan Analit Pada Permukaan Elektrod Pasta Karbon	32



	3.2.7	Penentuan Beberapa Sebatian Menggunakan Elektrod Pasta Karbon	32
3.3		Elektrod Cetakan Skrin	33
	3.3.1	Pembinaan Elektrod Cetakan Skrin	34
		3.3.1.1 Substrat	34
		3.3.1.2 Dakwat	35
	3.3.2	Kategori Elektrod Cetakan Skrin dan Aplikasinya dalam Penentuan Beberapa Sebatian	38
		3.3.2.1 Elektrod Karbon Cetakan Skrin (SPCE)	38
		3.3.2.2 Elektrod Cetakan Skrin Berasaskan Enzim	39
		3.3.2.3 Elektrod Cetakan Skrin Bersalut Filem Raksa (HgSPE)	40
		3.3.2.4 Elektrod Cetakan Skrin Bersalut Filem Bismuth (BiSPE)	41
		3.3.2.5 Elektrod Cetakan Skrin Terubahsuai Dengan Partikel Logam	41
		3.3.2.6 Elektrod Cetakan Skrin Terubahsuai dengan Partikel Tanah Liat	42
	3.3.3	Kaedah Pra-rawatan Elektrod Karbon Cetakan Skrin	44
<b>4</b>		<b>EKSPERIMEN</b>	47
	4.1	Stok Pewarna Sintetik	47
	4.2	Reagen	47
	4.3	Radas dan Peralatan	48
		4.3.1 Alat Radas	48
		4.3.2 Meter pH	48
		4.3.3 Alat Penimbang	48

	4.3.4	Peralatan Voltammetri	49
4.4		Penyediaan Elektrod	49
	4.4.1	Penyediaan Elektrod Pasta Karbon	49
	4.4.2	Penyediaan Elektrod Karbon Cetakan Skrin	49
4.5		Penyediaan Larutan	50
	4.5.1	Larutan Natrium Hidroksida 3 M	50
	4.5.2	Larutan Asid Hidroklorik 1 M	50
	4.5.3	Larutan Penimbal Britton-Robinson 0.04 M	50
	4.5.4	Larutan HCl-KCl 0.1 M (pH 2.00)	51
	4.5.5	Larutan Penimbal Sitrat 0.1 M (pH 3.00)	51
	4.5.6	Larutan Penimbal Asetat 0.1 M (pH 4.00)	51
	4.5.7	Larutan Penimbal McIlvane (pH 6.00)	52
	4.5.8	Larutan Penimbal Fosfat 0.1 M (pH 7.00)	52
	4.5.9	Larutan Penimbal Ammonia 0.1 M (pH 9.00)	52
	4.5.10	Larutan Penimbal Karbonat 0.1 M (pH 10.00)	53
	4.5.11	Larutan KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> 0.1 M (pH 2.12)	53
	4.5.12	Larutan Natrium Hidrogen Karbonat 1 M	53
	4.5.13	Larutan Kalium Klorida Tepu	54
	4.5.14	Larutan Natrium Karbonat Tepu	54
4.6		Prosedur Merakam Voltammogram	54
	4.6.1	HMDE	54
	4.6.2	Elektrod Pasta Karbon	55
	4.6.3	Elektrod Karbon Cetakan Skrin	55

	4.6.3.1 Eksperimen dengan Nyah Oksigen (SPCE Ag/AgCl)	55
	4.6.3.2 Eksperimen Tanpa Nyah Oksigen (SPCE Ag/AgCl dan SPE Ag/AgCl & Ag)	56
4.7	Kajian Tindak Balas Redoks	56
4.8	Kombinasi SPCE Ag/AgCl dengan Elektrod Konvensional	56
4.9	Kajian Kesan Gas Oksigen (SPCE Ag/AgCl)	57
4.10	Pra-rawatan SPCE Ag/AgCl & Ag	57
4.11	Kombinasi SPCE Ag/AgCl & Ag dengan Elektrod Konvensional	58
4.12	Kajian Pengoptimuman Parameter	58
	4.12.1 Kesan pH Larutan Penimbal Britton-Robinson	59
	4.12.2 Kesan Larutan Elektrolit Penyokong yang Berbeza	59
	4.12.3 Kesan Keupayaan Awal dan Keupayaan Pengumpulan	59
	4.12.4 Kesan Masa Pengumpulan	59
	4.12.5 Kesan Kadar Imbasan	60
	4.12.6 Kesan Kadar Adukan	60
4.13	Pengesahan Kaedah	60
	4.13.1 Kesan Gangguan	60
	4.13.2 Kesan Kepekatan dan Julat Linear	61
	4.13.3 Keluk Kalibrasi dan Had Pengesanan	61
	4.13.4 Kebolehulangan	61
4.14	Penggunaan Sel Plastik	62
4.15	Penggunaan Wayar Kuprum (Imbasan Tanpa Sel Elektrokimia)	62
4.16	Imbasan Voltammetri Pelbagai Analit	62

<b>5</b>	<b>PENENTUAN AMARANTH, TARTRAZINA DAN CAMPURAN KEDUA-DUANYA MENGGUNAKAN ELEKTROD TITISAN RAKSA TERGANTUNG</b>	<b>63</b>
		63
5.1	Pendahuluan	
5.2	Voltammetri Berkitar bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya	63
5.3	Pengoptimuman Parameter bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya Menggunakan Teknik DPV	66
5.3.1	Kesan pH Larutan Penimbal Britton-Robinson	67
5.3.2	Kesan Larutan Elektrolit Penyokong yang Berbeza	69
5.3.3	Kesan Keupayaan Awal dan Keupayaan Pengumpulan	72
5.3.4	Kesan Masa Pengumpulan	74
5.3.5	Kesan Kadar Imbasan	76
5.3.6	Kesan Kadar Adukan	78
5.4	Pengesahan Kaedah	79
5.4.1	Kesan Gangguan	79
	5.4.1.1 Kesan Gangguan Tartrazina, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Amaranth	79
	5.4.1.2 Kesan Gangguan Amaranth, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Tartrazina	82

	5.4.1.3 Kesan Gangguan Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Campuran Amaranth/Tartrazina	84
	5.4.2 Kesan Kepekatan dan Julat Linear	86
	5.4.3 Keluk Kalibrasi dan Had Pengesanan	88
	5.4.4 Kebolehulangan Penghasilan Arus Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua- duanya Menggunakan HMDE	91
<b>6</b>	<b>PENENTUAN AMARANTH, TARTRAZINA DAN CAMPURAN KEDUA-DUANYA MENGGUNAKAN ELEKTROD PASTA KARBON</b>	<b>92</b>
6.1	Pendahuluan	92
6.2	Voltammetri Berkitar bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya	93
6.3	Pengoptimuman Parameter bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya Menggunakan Teknik DPV	95
6.3.1	Kesan pH Larutan Penimbal Britton-Robinson	96
6.3.2	Kesan Larutan Elektrolit Penyokong yang Berbeza	98
6.3.3	Kesan Keupayaan Awal dan Keupayaan Pengumpulan	101
6.3.4	Kesan Masa Pengumpulan	103
6.3.5	Kesan Kadar Imbasan	105
6.3.6	Kesan Kadar Adukan	107
6.4	Pengesahan Kaedah	108

6.4.1	Kesan Gangguan	108
	6.4.4.1 Kesan Gangguan Tartrazina, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Amaranth	108
	6.4.4.2 Kesan Gangguan Amaranth, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Tartrazina	109
	6.4.4.3 Kesan Gangguan Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Campuran Amaranth/Tartrazina	112
6.4.2	Kesan Kepekatan dan Julat Linear	113
6.4.3	Keluk Kalibrasi dan Had Pengesanan	115
6.4.4	Kebolehulangan Penghasilan Arus Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya Menggunakan CPE	117
<b>7</b>	<b>PENENTUAN AMARANTH, TARTRAZINA DAN CAMPURAN KEDUA-DUANYA MENGGUNAKAN ELEKTROD KARBON CETAKAN SKRIN GANDINGAN Ag/AgCl</b>	<b>118</b>
7.1	Pendahuluan	118
7.2	Voltammetri Berkitar bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya	119
7.3	Penghasilan Puncak Penurunan Amaranth dan Tartrazina Menggunakan Kombinasi Elektrod Cetakan Skrin dengan Elektrod Konvensional	121

7.4	Kesan Oksigen Terlarut	124
7.5	Pengoptimuman Parameter bagi Amaranth dan Tartrazina dalam Keadaan Tanpa Nyah Oksigen Menggunakan Teknik DPV	125
7.5.1	Kesan pH Larutan Penimbal Britton-Robinson	126
7.5.2	Kesan Larutan Elektrolit Penyokong yang Berbeza	129
7.5.3	Kesan Keupayaan Awal dan Keupayaan Pengumpulan	131
7.5.4	Kesan Masa Pengumpulan	133
7.5.5	Kesan Kadar Imbasan	134
7.5.6	Kesan Kadar Adukan	136
7.6	Pengesahan Kaedah	136
7.6.1	Kesan Gangguan	136
	7.6.1.1 Kesan Gangguan Tartrazina, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Amaranth	136
	7.6.1.2 Kesan Gangguan Amaranth, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Tartrazina	137
7.6.2	Kesan Kepekatan dan Julat Linear	137
7.6.3	Keluk Kalibrasi dan Had Pengesanan	139
7.6.4	Kebolehulangan Penghasilan Arus Puncak Amaranth dan Tartrazina Menggunakan SPCE Ag/AgCl	142

<b>8</b>	<b>PENENTUAN AMARANTH, TARTRAZINA DAN CAMPURAN KEDUA-DUANYA MENGGUNAKAN ELEKTROD KARBON CETAKAN SKRIN GANDINGAN Ag/AgCl DAN Ag</b>	<b>143</b>
		143
8.1	Pendahuluan	
8.2	Pra-rawatan SPCE Ag/AgCl & Ag dengan Larutan KCl Tepu, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Tepu dan NaHCO <sub>3</sub> 1 M	144
8.3	Voltammetri Berkitar bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya	146
8.4	Penghasilan Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya Menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag dan Kombinasi Elektrod Cetakan Skrin dengan Elektrod Konvensional	149
8.5	Pengoptimuman Parameter bagi Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua-duanya dalam Keadaan Tanpa Nyah Oksigen Menggunakan Teknik DPV	153
8.5.1	Kesan pH Larutan Penimbal Britton-Robinson	154
8.5.2	Kesan Larutan Elektrolit Penyokong yang Berbeza	156
8.5.3	Kesan Keupayaan Awal dan Pengumpulan	159
8.5.4	Kesan Masa Pengumpulan	161
8.5.5	Kesan Amplitud Denyut	164
8.5.6	Kesan Kadar Imbasan	166
8.5.7	Kesan Kadar Adukan	169
8.6	Pengesahan Kaedah	169
8.6.1	Kesan Gangguan	169



	8.6.1.1 Kesan Gangguan Tartrazina, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Amaranth	169
	8.6.1.2 Kesan Gangguan Amaranth, Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Tartrazina	172
	8.6.1.1 Kesan Gangguan Sunset Yellow FCF, Sudan 1 dan Indigo Karmina Terhadap Puncak Penurunan Campuran Amaranth/Tartrazina	175
8.6.2	Kesan Kepekatan dan Julat Linear	176
8.6.3	Keluk Kalibrasi dan Had Pengesanan	179
8.6.4	Kebolehulangan	181
	8.6.4.1 Kebolehulangan Penghasilan Arus Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua- duanya Menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag yang Dirawat Semula dan Tidak Dirawat Semula	182
8.7	Imbasan Voltammetri Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua- duanya dengan Menggunakan Sel Plastik	183
8.8	Imbasan Voltammetri Puncak Penurunan Amaranth, Tartrazina dan Campuran Kedua- duanya Tanpa Menggunakan Sel Elektrokimia/Bikar	184
<b>9</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>186</b>

9.1	Kesimpulan	186
9.2	Cadangan	191
<b>RUJUKAN</b>		192
Lampiran A-R		201-234

**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
2.1	Senarai pewarna dan nilai ADI yang ditetapkan oleh JECFA	18
2.6	Teknik polarografi dan voltammetri yang digunakan bagi kajian pewarna makanan sintetik	23
3.1	Penentuan beberapa sebatian menggunakan SPE tidak terubahsuai dan terubahsuai	43
7.1	Kombinasi elektrod cetakan skrin dengan elektrod konvensional	122
8.1	Kombinasi SPCE Ag/AgCl & Ag dengan elektrod rujukan Ag/AgCl KCl 3 M, elektrod pelengkap platinum dan SPCE karbon tunggal	150

## SENARAI RAJAH

<b>NO. RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
2.1	Susunan sistem tiga elektrod dalam sel voltammetri	7
2.2	Bentuk [A] gelombang tiga segi dan [B] voltammogram berkitar	9
2.3	Pengujaan keupayaan denyut pembeza melawan masa	10
2.4	Skema penyusutan arus Faradaic dan arus mencas melawan masa	11
2.5	Struktur kimia pewarna azo, kuinolina, indigo, triarilmetana dan xantena	15
3.1	Skema elektrod pasta karbon	29
3.2	Skema elektrod karbon cetakan skrin gandingan Ag/AgCl dan Ag	35

- 5.1 Voltammogram berkisar amaranth dengan 64  
menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal  
BR pH 2.30. [amaranth] =  $1 \times 10^{-5}$  M,  $E_i =$   
200mV,  $E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 0$  s, kadar imbasan =  
100 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = blank, b  
= puncak penurunan pertama, c = puncak  
penurunan kedua
- 5.2 Voltammogram berkisar tartrazina dengan 65  
menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal  
BR pH 2.30. [tartrazina] =  $1 \times 10^{-5}$  M,  $E_i =$   
200mV,  $E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 0$  s, kadar imbasan =  
100 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = blank, b  
= puncak penurunan pertama, c = puncak  
penurunan kedua
- 5.3 Voltammogram berkisar campuran amaranth 66  
/tartrazina dengan menggunakan HMDE di dalam  
larutan penimbal BR. [campuran amaranth  
/tartrazina] =  $1 \times 10^{-5}$  M, 1 = amaranth, 2 =  
tartrazina,  $E_i = 200$  mV,  $E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 0$  s,  
kadar imbasan = 100 mV/s, kadar adukan =  
2000 rpm, a = blank (pH 2.30), b & c = pH 2.30  
= (puncak penurunan amaranth & tartrazina  
bertindih), d = pH 4.06, e = pH 7.09
- 5.4 Voltammogram puncak penurunan amaranth di 67  
dalam larutan penimbal BR pada nilai pH yang  
berbeza. [amaranth] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV  
 $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan  
= 2000 rpm, a = pH 2.30 (blank), b = pH 2.70, c =  
pH 3.06, d = pH 3.67, e = pH 4.52, f = pH 5.12,  
g = pH, 5.59, h = pH 6.25, i = pH 7.12, j =

pH 7.72, k = pH 8.55, l = pH 9.21, m = pH 10.12

- 5.5 Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH yang berbeza. [tartrazina] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.30 (blank), b = pH 2.70, c = pH 3.06, d = pH 3.67, e = pH 4.12, f = pH 4.52, g = pH 4.76, h = pH 5.12, i = pH 6.08, j = pH 6.67, k = pH 7.72, l = pH 8.55, m = pH 9.21, n = pH 10.12 68
- 5.6 Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH yang berbeza. [campuran amaranth/tartrazina] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.30 (blank), b = pH 2.52, c = pH 3.67, d = pH 4.46, e = pH 5.12, f = pH 6.25, g = pH 6.67, h = pH 8.55, i = pH 10.59 69
- 5.7 Voltammogram puncak penurunan amaranth di dalam enam jenis larutan elektrolit penyokong. [amaranth] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = asetat pH 4.00, b = BR pH 4.52, c = McIlvaine pH 6.00, d = fosfat pH 7.00, e = ammonia pH 9.00, f = karbonat pH 10.00 70

- 5.8 Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam enam jenis larutan elektrolit penyokong. [tartrazina] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = BR pH 3.06, b = asetat pH 4.00, c = McIlvaine pH 6.00, d = fosfat pH 7.00, e = ammonia pH 9.00, f = karbonat pH 10.00 71
- 5.9 Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam enam jenis larutan elektrolit penyokong. [campuran amaranth /tartrazina] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1 = amaranth, 2 = tartrazina, a = asetat pH 4.00, b = McIlvaine pH 6.00, c = fosfat pH 7.00, d = ammonia pH 9.00, e = BR pH 8.55, f = karbonat pH 10.00 72
- 5.10 Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR pH 4.52 menggunakan HMDE, [amaranth] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 73
- 5.11 Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pH 3.06 menggunakan HMDE. [tartrazina] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 73

5.12	Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE. [campuran amaranth /tartrazina] = $3 \times 10^{-7}$ M, $t_{acc} = 30$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	74
5.13	Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR pH 4.52 menggunakan HMDE. [amaranth] = $3 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	75
5.14	Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pH 3.06 menggunakan HMDE. [tartrazina] = $3 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	75
5.15	Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE. [campuran amaranth/tartrazina] = $3 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{acc} = 100$ mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	76
5.16	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal	77



BR pH 4.52 menggunakan HMDE, [amaranth] =  $3 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar adukan = 2000 rpm

- |      |   |    |
|------|---|----|
| 5.18 | <p>Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurutan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE. [campuran amaranth/tartrazina] = <math>3 \times 10^{-7}</math> M, <math>E_i = E_{acc} = 100</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, kadar adukan = 2000 rpm</p>  | 78 |
| 5.19 | <p>Voltammogram kesan gangguan tartrazina terhadap puncak penurutan amaranth dalam larutan penimbal BR pH 4.52 dan McIlvaine pH 7.00 menggunakan HMDE, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm, A-F = penimbal BR, a-f = penimbal McIlvaine, 1 = amaranth, 2 = tartrazina, [amaranth]: A1-F1 &amp; a1-f1 = <math>3 \times 10^{-7}</math> M, [tartrazina]: B2 &amp; b2 = <math>1 \times 10^{-7}</math> M, C2 &amp; c2 = <math>3 \times 10^{-7}</math> M, D2 &amp; d2 = <math>5 \times 10^{-7}</math> M, E2 &amp; e2 = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, F2 &amp; f2 = <math>10 \times 10^{-7}</math> M</p> | 80 |
| 5.20 | <p>Voltammogram kesan gangguan sunset yellow FCF terhadap puncak penurutan amaranth dalam larutan penimbal BR pH 4.52 dan karbonat pH 10.00 menggunakan HMDE. <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm, A-F = penimbal BR, a-f = penimbal karbonat, 1 = amaranth, 2 = sunset yellow FCF, [amaranth]: A1-F1 &amp; a1-f1 = <math>3 \times 10^{-7}</math> M, [sunset yellow FCF]: B2 &amp; b2</p>  | 81 |

$= 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ , C2 & c2 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , D2 & d2 =  
 $5 \times 10^{-7} \text{ M}$ , E2 & e2 =  $7 \times 10^{-7} \text{ M}$ , F2 & f2 =  
 $10 \times 10^{-7} \text{ M}$

- 5.21 Voltammogram kesan gangguan amaranth terhadap puncak penurunan tartrazina dalam larutan penimbal BR pH 3.06 dan fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE.  $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan =  $20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan =  $3000 \text{ rpm}$ , A-F = penimbal BR, a-f = penimbal fosfat, 1 = tartrazina, 2 = amaranth, [tartrazina]:A1 & a1-f1 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , [amaranth]:B2 & b2 =  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ , C2 & c2 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , D2 & d2 =  $5 \times 10^{-7} \text{ M}$ , E2 & e2 =  $7 \times 10^{-7} \text{ M}$ , F2 & f2 =  $10 \times 10^{-7} \text{ M}$  82
- 5.22 Voltammogram kesan gangguan sunset yellow FCF terhadap puncak penurunan tartrazina dalam larutan penimbal BR pH 3.06 dan karbonat pH 10.00 menggunakan HMDE.  $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan =  $20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan =  $3000 \text{ rpm}$ , A-F = penimbal BR, a-f = penimbal karbonat, 1 = tartrazina, 2 = sunset yellow FCF, [tartrazina]: A1-F1 & a1-f1 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , [sunset yellow FCF]: B2 & b2 =  $1 \times 10^{-7} \text{ M}$ , C2 & c2 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , D2 & d2 =  $5 \times 10^{-7} \text{ M}$ , E2 & e2 =  $7 \times 10^{-7} \text{ M}$ , F2 & f2 =  $10 \times 10^{-7} \text{ M}$  83
- 5.23 Voltammogram kesan gangguan sunset yellow FCF 84

terhadap puncak penurunan campuran amaranth /tartrazina dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE.  $E_i = E_{acc} = 100 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 60 \text{ s}$ , kadar imbasan =  $25 \text{ mV/s}$ , kadar adukan =  $3000 \text{ rpm}$ , [campuran amaranth/tartrazina] = A1-F1 & A2-F2 =  $3 \times 10^{-7} \text{ M}$ , 1 = amaranth, 2 = tartrazina, [sunset yellow FCF]:  $b = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ ,  $c = 3 \times 10^{-7} \text{ M}$ ,  $d = 5 \times 10^{-7} \text{ M}$ ,  $e = 7 \times 10^{-7} \text{ M}$ ,  $f = 10 \times 10^{-7} \text{ M}$

- |      |   |    |
|------|---|----|
| 5.24 | <p>Voltammogram kesan gangguan indigo karmina terhadap puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00 menggunakan HMDE. <math>E_i = E_{acc} = 100 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 60 \text{ s}</math>, kadar imbasan = <math>25 \text{ mV/s}</math>, kadar adukan = <math>3000 \text{ rpm}</math>. [campuran amaranth/tartrazina] = A1-F1 &amp; A2-F2 = <math>3 \times 10^{-7} \text{ M}</math>, 1 = amaranth, 2 = tartrazina, [indigo karmina]: <math>b_3 \text{ \&amp; } 4 = 1 \times 10^{-7} \text{ M}</math>, <math>c_3 \text{ \&amp; } 4 = 3 \times 10^{-7} \text{ M}</math>, <math>d_3 \text{ \&amp; } 4 = 5 \times 10^{-7} \text{ M}</math>, <math>e_3 \text{ \&amp; } 4 = 7 \times 10^{-7} \text{ M}</math>, <math>f_3 \text{ \&amp; } f_4 = 10 \times 10^{-7} \text{ M}</math></p> | 85 |
| 5.25 | <p>Hubungan kepekatan amaranth dengan arus puncak penurunan menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal BR pH 4.52, <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = <math>20 \text{ mV/s}</math>, kadar adukan = <math>3000 \text{ rpm}</math></p>   | 86 |
| 5.26 | <p>Hubungan kepekatan tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal BR pH 3.06, <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = <math>20 \text{ mV/s}</math>, kadar adukan = <math>3000 \text{ rpm}</math></p>   | 87 |
| 5.27 | <p>Hubungan kepekatan amaranth dalam campuran amaranth/tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal</p>   | 88 |

- fosfat pH 7.00,  $E_i = E_{acc} = 100 \text{ V}$ ,  $t_{acc} = 60 \text{ s}$ , kadar imbasan = 25 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm
- 5.28 Hubungan kepekatan tartrazina dalam campuran amaranth/tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan HMDE di dalam larutan penimbal fosfat pH 7.00,  $E_i = E_{acc} = 100 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 60 \text{ s}$ , kadar imbasan = 25 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm 88
- 5.29 Keluk kalibrasi bagi pewarna amaranth pada kepekatan  $3 \times 10^{-8} \text{ M}$  hingga  $18 \times 10^{-8} \text{ M}$  menggunakan HMDE di dalam penimbal BR. pH 4.52,  $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm 89
- 5.30 Keluk kalibrasi bagi pewarna tartrazina pada kepekatan  $3 \times 10^{-8} \text{ M}$  hingga  $18 \times 10^{-8} \text{ M}$  menggunakan HMDE di dalam penimbal BR. pH 3.06,  $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm 89
- 5.31 Keluk kalibrasi bagi amaranth dalam campuran amaranth/tartrazina pada kepekatan  $3 \times 10^{-8} \text{ M}$  hingga  $15 \times 10^{-8} \text{ M}$  menggunakan HMDE di dalam penimbal fosfat. pH 7.00,  $E_i = E_{acc} = 100 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 60 \text{ s}$ , kadar imbasan = 25 mV/s, kadar adukan = 3000 rpm 90
- 5.32 Keluk kalibrasi bagi tartrazina dalam campuran amaranth/tartrazina pada kepekatan  $3 \times 10^{-9} \text{ M}$  hingga  $18 \times 10^{-9} \text{ M}$  menggunakan HMDE di dalam penimbal fosfat. pH 7.00,  $E_i = E_{acc} = 100 \text{ mV}$ , 90

$t_{acc} = 60$  s, kadar imbasan = 25 mV/s, kadar adukan  
= 3000 rpm

- |     |   |    |
|-----|---|----|
| 6.1 | <p>Voltammogram berkitar amaranth dengan menggunakan CPE di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [amaranth] = <math>1 \times 10^{-5}</math> M, <math>E_i = 1200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 0</math> s, kadar imbasan = 100 mV/s, a = blank, b = puncak penurunan amaranth, c = puncak pengoksidaan amaranth</p>  | 93 |
| 6.2 | <p>Voltammogram berkitar tartrazina dengan menggunakan CPE di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [tartrazina] = <math>1 \times 10^{-5}</math> M, <math>E_i = 1200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 0</math> s, kadar imbasan = 100 mV/s, a = blank, b = puncak penurunan tartrazina, c = puncak pengoksidaan tartrazina</p>  | 94 |
| 6.3 | <p>Voltammogram berkitar campuran amaranth /tartrazina dengan menggunakan CPE di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [campuran amaranth/tartrazina] = <math>1 \times 10^{-5}</math> M, <math>E_i = 1200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 0</math> s, kadar imbasan = 100 mV/s, a = blank, b1 = puncak penurunan amaranth, c1 = puncak penurunan tartrazina, b2 = puncak pengoksidaan amaranth, c = puncak pengoksidaan tartrazina</p> | 95 |
| 6.4 | <p>Voltammogram puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR dengan nilai pH yang berbeza. [amaranth] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank),</p>  | 96 |

b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52,  
f = pH 2.70, g = pH 3.04, h = pH 3.67

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 6.5 | <p>Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR dengan nilai pH yang berbeza. [tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p>  | 97  |
| 6.6 | <p>Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal BR dengan nilai pH yang berbeza. [campuran amaranth /tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1 = amaranth, 2 = tartrazina, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p> | 98  |
| 6.7 | <p>Voltammogram puncak penurunan amaranth di dalam empat jenis larutan elektrolit penyokong. [amaranth] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = HCl-KCl pH 2.00, b = BR pH 2.34, c = McIlvaine pH 2.60, d = sitrat pH 3.00</p>   | 99  |
| 6.8 | <p>Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam empat jenis larutan elektrolit penyokong. [tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = HCl-KCl pH 2.00, b = BR pH 2.31,</p>  | 100 |

c = McIlvaine pH 2.60, d = sitrat pH 3.00

- |      |  |     |
|------|--|-----|
| 6.9  | <p>Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam empat jenis larutan elektrolit penyokong. [campuran amaranth /tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M <math>E_i = 200</math> mV, <math>E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = HCl-KCl pH 2.00, b = BR pH 2.31, c = McIlvaine pH 2.60, d = sitrat pH 3.00</p> | 101 |
| 6.10 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR pH 2.34 menggunakan CPE, [amaranth] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 102 |
| 6.11 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pH 2.31 menggunakan CPE, [tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 102 |
| 6.12 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal BR pH 2.31 menggunakan CPE. [campuran amaranth/tartrazina] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 103 |
| 6.13 | <p>Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR</p>  | 104 |

pH 2.34 menggunakan CPE, [amaranth] =  $7 \times 10^{-7}$  M,  
 $E_i = E_{acc} = 400$  mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar  
 adukan = 2000 rpm

- |      |  |     |
|------|--|-----|
| 6.14 | Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak<br>penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR<br>pH 2.31 menggunakan CPE, [tartrazina] = $7 \times 10^{-7}$ M,<br>$E_i = E_{acc} = 300$ mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar<br>adukan = 2000 rpm  | 104 |
| 6.15 | Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak<br>penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam<br>larutan penimbal BR pH 2.31 menggunakan CPE.<br>[campuran amaranth/tartrazina] = $7 \times 10^{-7}$ M,<br>$E_i = E_{acc} = 600$ mV, kadar imbasan = 20 mV/s,<br>kadar adukan = 2000 rpm | 105 |
| 6.16 | Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak<br>penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR<br>pH 2.34 menggunakan CPE. [amaranth] =<br>$7 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{acc} = 400$ mV, $t_{acc} = 30$ s,<br>kadar adukan = 2000 rpm  | 106 |
| 6.17 | Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak<br>penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR<br>pH 2.31 menggunakan CPE. [tartrazina] = $7 \times 10^{-7}$ M,<br>$E_i = E_{acc} = 300$ mV, $t_{acc} = 30$ s, kadar adukan =<br>2000 rpm  | 106 |
| 6.18 | Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak  | 107 |



- penurunan amaranth/tartrazina di dalam larutan  
penimbal BR pH 2.31 menggunakan CPE. [campuran  
amaranth/tartrazina] =  $7 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} =$   
600 mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar adukan = 2000 rpm
- 6.19 Voltammogram kesan gangguan tartrazina terhadap 109  
puncak penurunan amaranth di dalam larutan  
penimbal BR pH 2.34 menggunakan CPE.  $E_i = E_{acc}$   
= 400 mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s,  
kadar adukan = 2000 rpm [amaranth]: A-F =  
 $7 \times 10^{-7}$  M, [tartrazina]: b =  $1 \times 10^{-7}$  M,  
c =  $3 \times 10^{-7}$  M, d =  $5 \times 10^{-7}$  M, e =  $7 \times 10^{-7}$  M,  
f =  $10 \times 10^{-7}$  M
- 6.19 Voltammogram kesan gangguan tartrazina terhadap 109  
puncak penurunan amaranth di dalam larutan  
penimbal BR pH 2.34 menggunakan CPE.  $E_i = E_{acc}$   
= 400 mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s,  
kadar adukan = 2000 rpm [amaranth]: A-F =  
 $7 \times 10^{-7}$  M, [tartrazina]: b =  $1 \times 10^{-7}$  M, c =  
 $3 \times 10^{-7}$  M, d =  $5 \times 10^{-7}$  M, e =  $7 \times 10^{-7}$  M,  
f =  $10 \times 10^{-7}$  M
- 6.20 Voltammogram kesan gangguan amaranth terhadap 110  
puncak penurunan tartrazina di dalam larutan  
penimbal BR pH 2.31.  $E_i = E_{acc} = 300$  mV,  $t_{acc} = 30$   
s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000  
rpm. [tartrazina]: A-F =  $3 \times 10^{-7}$  M, [amaranth]: b =  
 $1 \times 10^{-7}$  M, c =  $3 \times 10^{-7}$  M, d =  $5 \times 10^{-7}$  M, e =  
 $7 \times 10^{-7}$  M, f =  $10 \times 10^{-7}$  M
- 6.21 Voltammogram kesan gangguan sunset yellow FCF 111  
terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam

- larutan penimbal BR pH 2.31.  $E_i = E_{acc} = 300$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm. [tartrazina]: A-F =  $3 \times 10^{-7}$  M, [sunset yellow FCF]: b =  $1 \times 10^{-7}$  M, c =  $3 \times 10^{-7}$  M, d =  $5 \times 10^{-7}$  M, e =  $7 \times 10^{-7}$  M, f =  $10 \times 10^{-7}$  M
- 6.22 Voltammogram kesan gangguan indigo karmina terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pH 2.31.  $E_i = E_{acc} = 300$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm. [tartrazina]: A-F =  $3 \times 10^{-7}$  M, [indigo karmina]: b =  $1 \times 10^{-7}$  M, c =  $3 \times 10^{-7}$  M, d =  $5 \times 10^{-7}$  M, e =  $7 \times 10^{-7}$  M, f =  $10 \times 10^{-7}$  M 112
- 6.23 Hubungan kepekatan amaranth dengan arus puncak penurunan menggunakan CPE di dalam larutan penimbal BR pH 2.34.  $E_i = E_{acc} = 400$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 113
- 6.24 Hubungan kepekatan tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan CPE di dalam larutan penimbal BR pH 2.31.  $E_i = E_{acc} = 300$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 114
- 6.25 Hubungan kepekatan amaranth dan tartrazina dalam campuran amaranth/tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan CPE di dalam penimbal BR pH 2.31.  $E_i = E_{acc} = 600$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 114

- 6.26 Keluk kalibrasi bagi pewarna amaranth pada 115  
kepekatan  $1 \times 10^{-8}$  M hingga  $10 \times 10^{-8}$  M  
menggunakan CPE di dalam penimbal BR. pH 2.34,  
 $E_i = E_{acc} = 400$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan =  
20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm
- 6.27 Keluk kalibrasi bagi pewarna tartrazina pada 115  
kepekatan  $5 \times 10^{-8}$  M hingga  $20 \times 10^{-8}$  M  
menggunakan CPE di dalam penimbal BR. pH 2.31,  
 $E_i = E_{acc} = 300$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan =  
20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm
- 6.28 Keluk kalibrasi bagi amaranth dalam campuran 116  
amaranth/tartrazina pada kepekatan  $5 \times 10^{-8}$  M  
hingga  $25 \times 10^{-8}$  M menggunakan CPE di dalam  
penimbal BR. pH 2.31,  $E_i = E_{acc} = 600$  mV,  $t_{acc} =$   
30 s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan =  
2000 rpm
- 6.29 Keluk kalibrasi bagi tartrazina dalam campuran 116  
amaranth/tartrazina pada kepekatan  $5 \times 10^{-8}$  M  
hingga  $25 \times 10^{-8}$  M menggunakan CPE di dalam  
penimbal BR. pH 2.31,  $E_i = E_{acc} = 600$  mV,  $t_{acc} =$   
30 s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan =  
2000 rpm
- 7.1 Voltammogram berkitar amaranth menggunakan 120  
SPCE Ag/AgCl di dalam larutan penimbal BR  
pH 2.31. [amaranth] =  $5 \times 10^{-5}$  M,  $E_i = 0$  mV,

$E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{acc} = 0 \text{ s}$ , kadar imbasan = 100 mV/s,  
a = blank, b = puncak penurunan amaranth

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 7.2 | <p>Voltammogram berkisar tartrazina menggunakan SPCE Ag/AgCl didalam larutan penimbal BR pH 2.31. [tartrazina] = <math>8 \times 10^{-5} \text{ M}</math>, <math>E_i = 0 \text{ mV}</math>, <math>E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 0 \text{ s}</math>, kadar imbasan = 100 mV/s, a = blank, b = puncak penurunan tartrazina</p> | 121 |
| 7.3 | <p>Perbandingan nilai arus puncak amaranth menggunakan kombinasi elektrod yang berbeza dalam larutan penimbal BR pH 2.31. <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 122 |
| 7.4 | <p>Perbandingan nilai arus puncak tartrazina menggunakan kombinasi elektrod yang berbeza dalam larutan penimbal BR pH 2.31. <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 123 |
| 7.5 | <p>Perbandingan nilai arus puncak amaranth dalam keadaan nyah oksigen dan tanpa nyah oksigen di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>  | 124 |
| 7.6 | <p>Perbandingan nilai arus puncak tartrazina dalam keadaan nyah oksigen dan tanpa nyah oksigen dalam larutan penimbal BR pH 2.31. <math>E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc} = 30 \text{ s}</math>, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan</p>  | 125 |

= 2000 rpm

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 7.7  | <p>Voltammogram puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH berbeza (sel). <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p>     | 126 |
| 7.8  | <p>Voltammogram puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH berbeza (bikar). <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p>   | 127 |
| 7.9  | <p>Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH berbeza (sel ). <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p>  | 128 |
| 7.10 | <p>Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR pada nilai pH berbeza (bikar). <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04</p> | 129 |
| 7.11 | <p>Voltammogram puncak penurunan amaranth di</p>  | 130 |

- dalam tiga jenis larutan elektrolit penyokong.  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1 = sel, 2 = bikar, a = HCl-KCl pH 2.00, b1 = BR pH 2.31 (sel), b2 = pH 2.34 (bikar), c = sitrat pH 3.00
- 7.12 Voltammogram puncak penurunan tartrazina di dalam tiga jenis larutan elektrolit penyokong.  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1 = sel, 2 = bikar, a = HCl-KCl pH 2.00, b = BR pH 2.31, c = sitrat pH 3.00 131
- 7.13 Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel), pH 2.34 (bikar),  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 132
- 7.14 Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel dan bikar),  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 132
- 7.15 Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel), pH 2.34 (bikar),  $E_i = E_{acc} = 0$  mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm 133
- 7.16 Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel dan 134

	bikar) $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	
7.17	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel), pH 2.34 (bikar), $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar adukan = 2000 rpm	135
7.18	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan penimbal BR menggunakan SPCE Ag/AgCl. pH 2.31 (sel dan bikar), $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar adukan = 2000 rpm	135
7.19	Hubungan kepekatan amaranth dengan arus puncak penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam larutan penimbal BR pH 2.31 (sel), $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	138
7.20	Hubungan kepekatan amaranth dengan arus puncak penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam larutan penimbal BR pH 2.34 (bikar), $E_i = E_{acc} =$ $0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	138
7.21	Hubungan kepekatan tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam	139

larutan penimbal BR pH 2.31 (sel),  $E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  
 $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan =  $20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan  
 =  $2000 \text{ rpm}$

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 7.22 | Hubungan kepekatan tartrazina dengan arus puncak<br>penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam<br>larutan penimbal BR pH 2.31 (bikar), $E_i = E_{acc} =$<br>$0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan = $20 \text{ mV/s}$ , kadar<br>adukan = $2000 \text{ rpm}$   | 139 |
| 7.23 | Keluk kalibrasi bagi pewarna amaranth pada<br>kepekatan $12 \times 10^{-7} \text{ M}$ hingga $48 \times 10^{-7} \text{ M}$<br>menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam penimbal<br>BR pH 2.31 (sel), $E_i = E_{acc} = 0 \text{ V}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar<br>imbasan = $20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan = $2000 \text{ rpm}$ | 140 |
| 7.24 | Keluk kalibrasi pewarna amaranth pada kepekatan<br>$12 \times 10^{-7} \text{ M}$ hingga $48 \times 10^{-7} \text{ M}$ menggunakan SPCE<br>Ag/AgCl di dalam penimbal BR pH 2.34 (bikar),<br>$E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan =<br>$20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan = $2000 \text{ rpm}$   | 140 |
| 7.25 | Keluk kalibrasi pewarna tartrazina pada kepekatan<br>$18 \times 10^{-7} \text{ M}$ hingga $54 \times 10^{-7} \text{ M}$ menggunakan SPCE<br>Ag/AgCl di dalam penimbal BR. pH 2.31 (sel),<br>$E_i = E_{acc} = 0 \text{ mV}$ , $t_{acc} = 30 \text{ s}$ , kadar imbasan =<br>$20 \text{ mV/s}$ , kadar adukan = $2000 \text{ rpm}$  | 141 |
| 7.26 | Keluk kalibrasi pewarna tartrazina pada kepekatan   | 141 |



$18 \times 10^{-7}$  M hingga  $54 \times 10^{-7}$  M menggunakan SPCE Ag/AgCl di dalam penimbal BR. pH 2.31 (sel),  
 $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s, kadar imbasan =  
 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 8.1 | Voltammogram puncak penurunan amaranth menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [amaranth] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 200$ mV, $t_{acc} = 30$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, pra-rawatan SPCE Ag/AgCl & Ag: A = KCl tepu, B = $\text{Na}_2\text{CO}_3$ tepu, C = $\text{NaHCO}_3$ 1 M   | 144 |
| 8.2 | Voltammogram puncak penurunan tartrazina menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [tartrazina] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 200$ mV, $t_{acc} = 30$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, pra-rawatan SPCE Ag/AgCl & Ag: A= KCl tepu, B = $\text{Na}_2\text{CO}_3$ tepu, C = $\text{NaHCO}_3$ 1 M  | 145 |
| 8.3 | Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag di dalam larutan penimbal BR pH 2.30. [campuran amaranth/tartrazina] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 200$ mV, $t_{acc} = 30$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, pra-rawatan SPCE Ag/AgCl & Ag: A = KCl tepu, B = $\text{Na}_2\text{CO}_3$ tepu, C = $\text{NaHCO}_3$ 1 M, 1 = amaranth, 2 = tartrazina | 146 |
| 8.4 | Voltammogram berkitar amaranth menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag di dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [amaranth] = $5 \times 10^{-5}$ M, A (blank) =  | 147 |

$E_i = 1200 \text{ mV}$ , B (blank) =  $E_i = 0 \text{ mV}$ ,  $E_{acc} = 0 \text{ mV}$ ,  
 $t_{acc} = 0 \text{ s}$ , kadar imbasan =  $100 \text{ mV/s}$ , kadar adukan  
 =  $2000 \text{ rpm}$ , A1 & A2 = puncak pengoksidaan  
 amaranth, B1 = puncak penurunan amaranth

- |     |  |     |
|-----|--|-----|
| 8.5 | <p>Voltammogram berkitar tartrazina menggunakan<br/>         SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di dalam larutan penimbal<br/>         BR pH 2.31. [tartrazina] = <math>1 \times 10^{-5} \text{ M}</math>, A (blank) =<br/> <math>E_i = 1200 \text{ mV}</math>, B (blank) = <math>E_i = 0 \text{ mV}</math>, <math>E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>,<br/> <math>t_{acc} = 0 \text{ s}</math>, kadar imbasan = <math>100 \text{ mV/s}</math>, kadar adukan<br/>         = <math>2000 \text{ rpm}</math>, A1 = puncak pengoksidaan tartrazina,<br/>         B1 = puncak penurunan tartrazina</p>   | 148 |
| 8.6 | <p>Voltammogram berkitar campuran amaranth<br/>         /tartrazin menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di<br/>         dalam larutan penimbal BR pH 2.31. [campuran<br/>         amaranth/tartrazin] = <math>1 \times 10^{-5} \text{ M}</math>, A (blank) = <math>E_i =</math><br/> <math>1200 \text{ mV}</math>, B (blank) = <math>E_i = 0 \text{ mV}</math>, <math>E_{acc} = 0 \text{ mV}</math>, <math>t_{acc}</math><br/>         = <math>0 \text{ s}</math>, kadar imbasan = <math>100 \text{ mV/s}</math>, kadar adukan =<br/> <math>2000 \text{ rpm}</math>, A1 &amp; A2 = puncak pengoksidaan<br/>         campuran amaranth/tartrazina, B1 &amp; B2 = puncak<br/>         penurunan campuran amaranth/tartrazina, 1 =<br/>         amaranth, 2 = tartrazina</p> | 149 |

- 8.7 Voltammogram puncak penurunan amaranth di 151  
dalam larutan penimbal  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12  
menggunakan kombinasi elektrod berbeza,  
[amaranth] =  $3 \times 10^{-6}$  M,  $E_i = E_{\text{acc}} = 0$  mV,  $t_{\text{acc}} = 30$   
s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000  
rpm, A= kombinasi 1, B= kombinasi 2, C =  
kombinasi 3, D = kombinasi 4
- 8.8 Voltammogram puncak penurunan tartrazina di 152  
dalam larutan penimbal  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12  
menggunakan kombinasi elektrod berbeza,  
[tartrazina] =  $3 \times 10^{-6}$  M,  $E_i = E_{\text{acc}} = 0$  mV,  $t_{\text{acc}} = 30$   
s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000  
rpm, A = kombinasi 1, B = kombinasi 2, C =  
kombinasi 3, D = kombinasi 4
- 8.9 Voltammogram puncak penurunan campuran 153  
amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal  
 $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12 menggunakan kombinasi  
elektrod berbeza, [campuran amaranth/tartrazina]  
=  $3 \times 10^{-6}$  M,  $E_i = E_{\text{acc}} = 0$  mV,  $t_{\text{acc}} = 30$  s, kadar  
imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm,  
A = kombinasi 1, B = kombinasi 2, C = kombinasi 3,  
D = kombinasi 4
- 8.10 Voltammogram puncak penurunan amaranth di 154

dalam larutan penimbal BR dengan nilai pH berbeza.  
 [amaranth] =  $7 \times 10^{-7}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$   
 s, amplitud denyut = 50 mV/s, kadar imbasan =  
 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31  
 (blank), b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41,  
 e = pH 2.52, f = pH 2.70, g = pH 3.04

- |      |  |     |
|------|--|-----|
| 8.11 | Voltammogram puncak penurunan tartrazina di<br>dalam larutan penimbal BR dengan nilai pH berbeza.<br>[tartrazina] = $2 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} = 30$<br>s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20<br>mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = pH 2.31 (blank),<br>b = pH 2.31, c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52,<br>f = pH 2.70  | 155 |
| 8.12 | Voltammogram puncak penurunan campuran<br>amaranth/tartrazina di dalam larutan penimbal<br>BR dengan nilai pH berbeza. [campuran amaranth<br>/tartrazina] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} = 30$<br>s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20<br>mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1= amaranth, 2 =<br>tartrazina, a = pH 2.31 (blank), b = pH 2.31,<br>c = pH 2.34, d = pH 2.41, e = pH 2.52, f = pH 2.70 | 156 |
| 8.13 | Voltammogram puncak penurunan amaranth di<br>dalam tiga jenis larutan elektrolit penyokong.<br>[amaranth] = $7 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc}$<br>= 30 s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan<br>= 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = BR<br>pH 2.31, b = KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> pH 2.12, c = sitrat<br>pH 3.00, d = asetat pH 4.00  | 157 |
| 8.14 | Voltammogram puncak penurunan tartrazina di  | 158 |

dalam tiga jenis larutan elektrolit penyokong.

[tartrazina] =  $2 \times 10^{-6}$  M,  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc}$  = 30 s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, a = BR pH 2.34, b = KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, c = sitrat pH 3.00, d = asetat pH 4.00

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.15 | <p>Voltammogram puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam tiga jenis larutan elektrolit penyokong. [campuran amaranth /tartrazina] = <math>3 \times 10^{-6}</math> M, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc}</math> = 30 s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, 1 = amaranth, 2 = tartrazina, a = BR pH 2.31, b = KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, c = sitrat pH 3.00, d = asetat pH 4.00</p> | 159 |
| 8.16 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. [amaranth] = <math>7 \times 10^{-7}</math> M, <math>t_{acc}</math> = 30 s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 160 |
| 8.17 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. [tartrazina] = <math>2 \times 10^{-6}</math> M, <math>t_{acc}</math> = 30 s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 160 |
| 8.18 | <p>Hubungan keupayaan awal dan pengumpulan dengan</p>   | 161 |

arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [campuran amaranth /tartrazina] =  $3 \times 10^{-6}$  M,  $t_{\text{acc}} = 30$  s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.19 | <p>Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan amaranth di dalam larutan <math>\text{KNO}_3/\text{HNO}_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. [amaranth] = <math>3 \times 10^{-6}</math> M, <math>E_i = E_{\text{acc}} = 0</math> mV, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>   | 162 |
| 8.20 | <p>Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan <math>\text{KNO}_3/\text{HNO}_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. [tartrazina] = <math>2 \times 10^{-6}</math> M, <math>E_i = E_{\text{acc}} = 0</math> mV, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>                                     | 163 |
| 8.21 | <p>Hubungan masa pengumpulan dengan arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan <math>\text{KNO}_3/\text{HNO}_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. [campuran amaranth/tartrazina] = <math>3 \times 10^{-6}</math> M, <math>E_i = E_{\text{acc}} = 0</math> mV, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p> | 163 |

8.22	Hubungan amplitud denyut dengan arus puncak penurutan amaranth di dalam larutan $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$ pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [amaranth] = $7 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{\text{acc}} = 0$ mV, $t_{\text{acc}} = 60$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	164
8.23	Hubungan amplitud denyut dengan arus puncak penurutan tartrazina di dalam larutan $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$ pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [tartrazina] = $2 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{\text{acc}} = 0$ mV, $t_{\text{acc}} = 60$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	165
8.24	Hubungan amplitud denyut dengan arus puncak penurutan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$ pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [campuran amaranth/tartrazina] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{\text{acc}} = 0$ mV, $t_{\text{acc}} = 60$ s, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm	166
8.25	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurutan amaranth di dalam larutan $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$ pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [amaranth] = $7 \times 10^{-7}$ M, $E_i = E_{\text{acc}} = 0$ mV, $t_{\text{acc}} = 60$ s, amplitud denyut = 50 mV, kadar adukan = 2000 rpm	167

8.26	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurunan tartrazina di dalam larutan KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [tartrazina] = $2 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} =$ 60 s, amplitud denyut = 60 mV, kadar adukan = 2000 rpm	167
8.27	Hubungan kadar imbasan dengan arus puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di dalam larutan KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. [campuran amaranth/tartrazina] = $3 \times 10^{-6}$ M, $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} = 30$ s, amplitud denyut = 90 mV, kadar adukan = 2000 rpm	168
8.28	Voltammogram kesan gangguan tartrazina terhadap puncak penurunan amaranth di dalam larutan KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} = 60$ s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, [amaranth]: A-F = $7 \times 10^{-7}$ M, [tartrazina]: b = $1 \times 10^{-6}$ M, c = $3 \times 10^{-6}$ M, d = $5 \times 10^{-6}$ M, e = $7 \times 10^{-6}$ M, f = $10 \times 10^{-6}$ M	170
8.29	Voltammogram kesan gangguan sudan 1 terhadap puncak penurunan amaranth di dalam larutan KNO <sub>3</sub> /HNO <sub>3</sub> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag. $E_i = E_{acc} = 0$ mV, $t_{acc} = 60$ s, amplitud denyut = 50 mV kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan =	171



2000 rpm. [amaranth]: A-F =  $7 \times 10^{-7}$  M, [sudan 1]:  
 $b = 1 \times 10^{-7}$  M,  $c = 3 \times 10^{-7}$  M,  $d = 5 \times 10^{-7}$  M,  $e =$   
 $7 \times 10^{-7}$  M,  $f = 7 \times 10^{-7}$  M + 40  $\mu$ L  $C_{16}H_{36}NCl.H_2O$ ,  
 $g = 7 \times 10^{-7}$  M + 80  $\mu$ L  $C_{16}H_{36}NCl.H_2O$ ,  $h =$   
 $10 \times 10^{-7}$  M + 80  $\mu$ L  $C_{16}H_{36}NCl.H_2O$ ,  $i = 30 \times 10^{-7}$  M  
+ 100  $\mu$ L  $C_{16}H_{36}NCl.H_2O$

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.30 | <p>Voltammogram kesan gangguan amaranth terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam larutan <math>KNO_3/HNO_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm, [tartrazina]: A-F = <math>2 \times 10^{-6}</math> M, [amaranth]: <math>b = 0.8 \times 10^{-6}</math> M, <math>c = 1 \times 10^{-6}</math> M, <math>d = 2 \times 10^{-6}</math> M, <math>e = 4 \times 10^{-6}</math> M, <math>f = 6 \times 10^{-6}</math> M</p> | 172 |
| 8.31 | <p>Voltammogram kesan gangguan sunset yellow FCF terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam larutan <math>KNO_3/HNO_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm. [tartrazina]: A-F = <math>2 \times 10^{-6}</math> M, [sunset yellow FCF]: <math>b = 0.5 \times 10^{-6}</math> M, <math>c = 0.8 \times 10^{-6}</math> M, <math>d = 1 \times 10^{-6}</math> M, <math>e = 2 \times 10^{-6}</math> M</p>                  | 173 |
| 8.32 | <p>Voltammogram kesan gangguan sudan 1 terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam larutan <math>KNO_3/HNO_3</math> pH 2.12 menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag. <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan =</p>   | 174 |

2000 rpm, [sudan 1]: A-F =  $2 \times 10^{-6}$  M, [tartrazina]:  
 $b = 1 \times 10^{-6}$  M,  $c = 2 \times 10^{-6}$  M,  $d = 3 \times 10^{-6}$  M,  $e =$   
 $4 \times 10^{-6}$  M,  $f = 5 \times 10^{-6}$  M,  $g = 6 \times 10^{-6}$  M

- 8.33 Voltammogram kesan gangguan indigo karmina 175  
 terhadap puncak penurunan tartrazina di dalam  
 larutan  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12 menggunakan SPCE  
 Ag/AgCl & Ag.  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 60$  s,  
 amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan =  
 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm. [tartrazina]:  
 A-F =  $2 \times 10^{-6}$  M, [indigo karmina]:  $b = 1 \times 10^{-6}$  M,  
 $c = 2 \times 10^{-6}$  M,  $d = 3 \times 10^{-6}$  M,  $e = 4 \times 10^{-6}$  M,  
 $f = 6 \times 10^{-6}$  M
- 8.34 Voltammogram kesan gangguan sudan 1 terhadap 176  
 puncak penurunan campuran amaranth/tartrazina di  
 dalam larutan  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12 menggunakan  
 SPCE Ag/AgCl & Ag.  $E_i = E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 30$  s,  
 amplitud denyut = 90 mV, kadar imbasan =  
 25 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm. [campuran  
 amaranth/tartrazina]: A-E =  $3 \times 10^{-6}$  M,  
 1 = amaranth, 2 = tartrazina, [sudan 1]:  $b_3 =$   
 $3 \times 10^{-6}$  M,  $c_3 = 5 \times 10^{-6}$  M,  $d_3 = 7 \times 10^{-6}$  M,  
 $e_3 = 9 \times 10^{-6}$  M
- 8.35 Hubungan kepekatan amaranth dengan arus puncak 177  
 penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCg & Ag di  
 dalam larutan penimbal  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$  pH 2.12,  $E_i =$   
 $E_{acc} = 0$  mV,  $t_{acc} = 60$  s, amplitud denyut = 50 mV,

kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.36 | <p>Hubungan kepekatan tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di dalam larutan penimbal KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>  | 178 |
| 8.37 | <p>Hubungan kepekatan amaranth dan tartrazina dalam campuran amaranth/tartrazina dengan arus puncak penurunan menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di dalam penimbal KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 30</math> s, amplitud denyut = 90 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>                      | 178 |
| 8.38 | <p>Keluk kalibrasi bagi pewarna amaranth pada kepekatan <math>9 \times 10^{-7}</math> M hingga <math>18 \times 10^{-7}</math> M menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di dalam penimbal KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, amplitud denyut = 50 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p>    | 179 |
| 8.39 | <p>Keluk kalibrasi bagi pewarna tartrazina pada kepekatan <math>14 \times 10^{-7}</math> M hingga <math>22 \times 10^{-7}</math> M menggunakan SPCE Ag/AgCl &amp; Ag di dalam penimbal KNO<sub>3</sub>/HNO<sub>3</sub> pH 2.12, <math>E_i = E_{acc} = 0</math> mV, <math>t_{acc} = 60</math> s, amplitud denyut = 60 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar adukan = 2000 rpm</p> | 180 |
| 8.40 | <p>Keluk kalibrasi bagi pewarna amaranth dalam campuran amaranth/tartrazina pada kepekatan <math>30 \times 10^{-7}</math> M hingga <math>48 \times 10^{-7}</math> M menggunakan SPCE</p>  | 181 |

Ag/AgCl & Ag di dalam penimbal  $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$   
pH 2.12,  $E_i = E_{\text{acc}} = 0 \text{ mV}$ ,  $t_{\text{acc}} = 30 \text{ s}$ , amplitud  
denyut = 90 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar  
adukan = 2000 rpm

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 8.41 | Keluk kalibrasi bagi pewarna tartrazina dalam<br>campuran amaranth/tartrazina pada kepekatan<br>$30 \times 10^{-7} \text{ M}$ hingga $54 \times 10^{-7} \text{ M}$ menggunakan SPCE<br>Ag/AgCl & Ag di dalam penimbal $\text{KNO}_3/\text{HNO}_3$<br>pH 2.12, $E_i = E_{\text{acc}} = 0 \text{ mV}$ , $t_{\text{acc}} = 30 \text{ s}$ , amplitud<br>denyut = 90 mV, kadar imbasan = 20 mV/s, kadar<br>adukan = 2000 rpm | 182 |
|------|---|-----|

## SENARAI SINGKATAN

AA	- Asid Askorbik
AChE	- Asetilkolinesterase
ADI	- Pengambilan Harian yang Boleh Diterima
AdSV	- Voltammetri Perlucutan Penjerapan
AdV	Voltammetri Penjerapan
AdSqWV	- Voltammetri Gelombang Segi Empat Penjerapan
A/G	- Amiloglukosida/glukos Oksida
Ag/AgCl	Argentum/Argentum Klorida
Ag/AgCl & Ag	Argentum/Argentum Klorida dan Argentum
ASV	- Voltammetri Perlucutan Anodik
AuSPE	- Elektrod Cetakan Skrin Bersalut Emas
BiSPE	- Elektrod Cetakan Skrin Bersalut Bismuth
BR	- Britton-Robinson
Bup	- Buprofezin
CAP	Persatuan Pengguna Pulau Pinang
ChE	- Kolinesterase
CoPC	- Kobalt Ftalosinina
CPE	- Elektrod Pasta Karbon
CSV	- Voltammetri Perlucutan Katodik
CV	- Voltammetri Berkitar
DA	Dopamin
DCC	Kronopotentiometri Arus Terus
DME	- Elektrod Titisan Raksa
DMSO	Dimetil Sulfoksida
DPAdSV	- Voltammetri Denyut Pembeza Perlucutan Penjerapan
DPP	- Polarografi Denyut Pembeza
DPV	- Voltammetri Denyut Pembezaa
DPASV	- Voltammetri Denyut Pembeza Perlucutan Anodik
DPCSV	- Voltammetri Denyut Pembeza Perlucutan Katodik

GOD	- Glukos Oksida
GSH	- Gluthation
HgSPE	- Elektrod Cetakan Skrin bersalutkan Raksa
HMDE	- Elektrod Titisan Raksa Tergantung
Hx	- Hipoxantina
JECFA	- Jawatankuasa Kerjasama Pakar Aditif Makanan
KKM	- Kementerian Kesihatan Malaysia
LOD	- Had Pengesanan
LOQ	- Had Kuantiti
LSV	- Voltammetri Sapuan Linear
LSP	Polarografi Sapuan Linear
NADH	Nikotinamida Adenina Dinukleotida
MFE	- Elektrod Lapisan Raksa
ppb	- Bahagian per juta
PCBs	Bifenil Berpoliklorin
PVA-Sbq	Polivinil Alkohol dengan Metil Piridinium Metil Sulfat
PVC	- Polivinil Klorida
RSD	- Sisihan Piawai Relatif
SCE	- Elektrod Kalomel Tepu
SEM	- Mikroskopi Imbasan Elektron
SMDE	- Elektrod Titisan Raksa Statik
SPE	- Elektrod Cetakan Skrin
SPCE	- Elektrod Karbon Cetakan Skrin
SPCE Ag/AgCl	- Elektrod Karbon Cetakan Skrin Gandingan Ag/AgCl
SPCE Ag/AgCl & Ag	- Elektrod Karbon Cetakan Skrin Gandingan Ag/AgCl dan Ag
SqWV	Voltammetri Gelombang Empat Segi
SV	Voltammetri Perlucutan
UA	Asid Urik
UMEA	- Susunan Ultramikroelektrod
UMEs	- Ultramikroelektrod
UV-vis	- Ultralembayung boleh Nampak
WE	Elektrod Kerja

x - Xantina

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
A	Sifat kimia, fizikal dan ciri-ciri penting sebilangan pewarna makanan sintetik	201
B	Senarai pewarna dan campuran pewarna dalam sebilangan produk makanan dan minuman	205
C	Senarai dakwat konduktif dan dielektrik bagi pembinaan SPCE	207
D	Gambarajah peralatan voltammetri dan sistem 3 elektrod	208
E	Pemasangan CPE dan SPCE pada peralatan voltammetri	209
F	Jenis-jenis elektrod cetakan skrin yang digunakan dalam kajian	212
G	Kesan gangguan sudan 1 atau indigo karmina terhadap amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya menggunakan HMDE	213
H	Kesan gangguan sunset yellow FCF, indigo karmina dan sudan 1 terhadap amaranth dan campuran amaranth/tartrazina menggunakan	215



## CPE

I	Imbasan voltammetri berkitar larutan blank penimbal BR pH 2.31 dan campuran amaranth/tartrazina	218
J	Kesan gangguan indigo karmina terhadap puncak penurunan amaranth dan tartrazina di dalam bikar menggunakan SPCE Ag/AgCl	220
K	Kesan gangguan sunset yellow FCF dan indigo karmina terhadap puncak penurunan amaranth dan campuran amaranth/tartrazina menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag	221
L	Contoh data kebolehulangan penghasilan arus puncak penurunan pewarna menggunakan HMDE	223
M	Contoh data dan rajah kebolehulangan penghasilan arus puncak penurunan pewarna menggunakan CPE	224
N	Contoh data dan rajah kebolehulangan penghasilan arus puncak penurunan pewarna menggunakan SPCE Ag/AgCl	226
O	Contoh data dan rajah kebolehulangan penghasilan arus puncak penurunan pewarna menggunakan SPCE Ag/AgCl & Ag	228
P	Contoh imbasan voltammogram bagi amaranth dan tartrazina di dalam sel plastik dengan kaedah 'spiking' dan data bagi	230

kaedah celupan

Q	Voltammogram amaranth, tartrazina dan campuran amaranth/tartrazina yang diimbaskan dengan wayar kuprum tunggal dan multi-kuprum	231
R	Senarai analit yang berjaya ditentukan oleh SPCE Ag/AgCl & Ag	234

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Bahan pewarna adalah salah satu aditif utama yang digunakan dalam makanan. Ia dapat memberikan nilai estetik tertentu kepada makanan, merangsang selera dan menarik perhatian pengguna. Ini menjadikannya sebagai satu bahan penting dalam industri makanan. Di Malaysia, sebarang penggunaan pewarna dalam makanan mestilah terlebih dahulu mendapat kelulusan daripada pihak Kementerian Kesihatan Malaysia (KKM). Namun begitu, terdapat pewarna yang telah diharamkan oleh KKM masih digunakan dalam makanan, contohnya rhodamine B. Penggunaan pewarna ini dalam makanan telah diharamkan sejak tahun 1952 disebabkan sifat karsinogeniknya dan ia hanya boleh diaplikasikan pada barangan plastik dan tekstil sahaja. Persatuan Pengguna Pulau Pinang (CAP) dalam kajian mereka pada tahun 2002 telah melaporkan penemuan rhodamine B dalam belacan dan roti ban Cina yang dijual oleh penjaja jalanan di sekitar Pulau Pinang (S.M. Mohamed Idris, 2007). Pewarna red 2G pula asalnya adalah salah satu pewarna makanan yang dibenarkan di bawah Peraturan 21 (1), Peraturan-Peraturan Makanan di Malaysia. Namun begitu, pada 11 Oktober 2007, KKM telah mengeluarkan kenyataan pengharaman penggunaan pewarna ini di dalam daging burger dan sosej. Kajian makmal telah menunjukkan proses metabolisme pewarna ini menghasilkan anilin yang dapat memusnahkan sel genetik dan seterusnya berisiko mengakibatkan kanser (Datuk Seri Dr. Chua Soi Lek, 2007).

Terdapat pelbagai kaedah penentuan pewarna makanan yang telah dilaporkan dalam jurnal penyelidikan, antaranya ialah (i) kromatografi (Vidotti *et al.*, 2006; Ma *et al.*, 2006), (ii) elektroforesis kapilari (Huang *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 2003), (iii) spektrometri (Gemeay, 2002; Berzas Nevado *et al.*, 1998) dan (iv) elektrokimia (Menek dan Karaman, 2005; Du *et al.*, 2006). Dalam kajian ini, teknik voltammetri yang merupakan salah satu daripada kaedah elektrokimia telah dipilih disebabkan ia mudah dikendalikan, sensitif, masa analisis relatif yang singkat dan kos peralatan yang lebih murah berbanding dengan peralatan analisis lain seperti kromatografi cecair dan gas (Esteban dan Casassas, 1994).

## **1.2 Latar Belakang Kajian**

Analisis voltammetri melibatkan penggunaan pelbagai teknik dan salah satu daripadanya adalah teknik voltammetri perlucutan denyut pembeza. Selain daripada mempunyai kelebihan seperti yang dinyatakan di atas, teknik ini mempunyai variasi daripada segi pengesan iaitu elektrod kerja. Pemilihan elektrod kerja yang sesuai sebagai pengesan dalam analisis voltammetri akan mempengaruhi hasil ujikaji yang dilakukan. Elektrod kerja yang baik adalah elektrod yang mempunyai kepilihan terhadap analit yang dikaji, permukaan yang mudah diperbaharui dan mampu menghasilkan arus latarbelakang yang rendah (Wang, 1994).

Analisis voltammetri boleh dilakukan dengan menggunakan elektrod kerja raksa atau pepejal. Elektrod kerja raksa sangat peka dan permukaannya mudah diperbaharui. Kelemahan elektrod ini adalah julat keupayaan pengkutuban anodiknya yang kecil iaitu di antara 0 V hingga 0.4 V sahaja (Wang, 1994). Elektrod kerja pepejal seperti pasta karbon menjadi pilihan alternatif selepas elektrod raksa, disebabkan julat keupayaan pengkutubannya yang lebih besar. Svancara dan Vytras melaporkan elektrod pasta karbon yang menggunakan trikresil fosfat sebagai cecair pengikat mampu mengalami pengkutuban di antara -2.0 V hingga 2.0 V dalam larutan penimbal ammonia (Svancara dan Vytras, 1993). Selain itu, elektrod pasta karbon juga mudah disediakan dan diubahsuai serta bebas dari sifat toksik seperti

raksa (Kalcher, 1995). Disebabkan keunikan sifat yang ditonjolkan oleh elektrod pasta karbon, penggunaannya diperluaskan dalam bentuk cetakan skrin.

Penggunaan elektrod cetakan skrin sebagai pengesan elektrokimia atau pengesan bio merupakan salah satu teknik yang berkembang maju dalam analisis voltammetri. Elektrod cetakan skrin mempunyai rekabentuk yang ringkas dan bersaiz mini, menjadikannya bersifat mudah alih dan sesuai untuk kajian di lapangan (Wu *et al.*, 2000). Kajian yang berterusan berkaitan teknik voltammetri telah menghasilkan peralatan voltammetri mudah alih yang dapat digunakan secara terus di lapangan bersama elektrod cetakan skrin sebagai pengesan logam plumbum (Wang *et al.*, 1999; Yarnitzky., 2000). Elektrod cetakan skrin boleh diubahsuai semasa atau selepas pembinaannya bagi tujuan meningkatkan sifat kepilihan pengesan yang dihasilkan. Beberapa ulasan yang diterbitkan telah menyatakan keberkesanan elektrod ini dalam menentukan unsur-unsur biomolekul (Hart dan Wring, 1997), logam surihan dalam alam sekitar (Honeychurch dan Hart, 2003), pestisid, sebatian fenolik dan hormon (Dominguez Renedo *et al.*, 2007b).

### 1.3 Tujuan dan Objektif Kajian

Kajian penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya menggunakan teknik voltammetri biasanya dilakukan menggunakan elektrod titisan raksa tergantung. Penggunaan elektrod raksa ini melibatkan langkah nyah oksigen, menghasilkan sisa toksik dan eksperimen perlu dilakukan di makmal. Selain itu penggunaan raksa juga memerlukan kerja penyelenggaraan terhadap kapilari yang digunakan. Berbeza dengan elektrod raksa, elektrod cetakan skrin tidak menghasilkan sebarang sisa toksik dan ia juga dilaporkan mampu menentukan analit dalam keadaan beroksigen (Zen *et al.*, 2002a). Penggunaan elektrod cetakan skrin terhadap bahan logam, pestisid dan biomolekul telah banyak dilaporkan dalam jurnal-jurnal terpilih. Oleh yang demikian, kajian ini secara amnya bertujuan untuk meluaskan penggunaan teknik voltammetri dan elektrod cetakan skrin bagi penentuan bahan organik, khususnya pewarna makanan dengan kehadiran oksigen

terlarut. Hasil eksperimen daripada penggunaan elektrod cetakan skrin dengan kehadiran oksigen terlarut diharap akan dapat menjadi panduan dan rujukan kepada pembangunan kaedah penentuan pelbagai analit secara terus di lapangan. Bagi mencapai tujuan/matlamat berkenaan, beberapa objektif kajian ditetapkan iaitu:

- i Melakukan kajian awal penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya dengan elektrod titisan raksa tergantung (HMDE), dan elektrod pasta karbon (CPE) sebagai rujukan untuk penggunaan elektrod karbon cetakan skrin (SPCE).
- ii. Menguji kombinasi elektrod karbon cetakan skrin dengan elektrod rujukan atau pelengkap konvensional.
- iii. Membuat perbandingan kebolehan penggunaan SPCE Ag/AgCl dalam keadaan nyah oksigen dan tanpa nyah oksigen (sel tertutup dan bikar).
- iv Melakukan kajian penentuan amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya dengan SPCE Ag/AgCl dan SPCE Ag/AgCl & Ag dalam keadaan tanpa nyah oksigen.

#### **1.4 Skop Kajian**

Skop kajian iaitu had kajian adalah merangkumi perkara-perkara berikut:

- i. Pewarna yang dikaji dalam kajian ini ialah amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya.
- ii Teknik voltammetri berkitar (CV) digunakan bagi melihat tindak balas redoks amaranth, tartrazina dan campuran kedua-duanya. Pengoptimuman parameter seperti pH dan kadar imbasan tidak dilakukan.
- iii Teknik voltammetri denyut pembeza (DPV) digunakan bagi kajian selain daripada tindak balas redoks.
- iv. Hanya empat jenis elektrod kerja digunakan bagi kajian tindak balas redoks, pengoptimuman parameter, kesan gangguan dan pengesahan kaedah iaitu HMDE, CPE, SPCE Ag/AgCl, SPCE Ag/AgCl & Ag.

## RUJUKAN

- Adams, R.N. (1969). *Electrochemistry at Solid Electrodes*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Ahlstrom, L.H., Eskilsson, C.S. dan Bjorklund, E. (2005). Determination of Banned Azo Dyes in Consumer Goods. *Trends in Analytical Chemistry*. 24. 49-56.
- Al-ghamdi, A.H., Al-shadokhy, M.M. dan Al-warthan. A.A. (2004). Electrochemical Determination of Cephalothin Antibiotic by Adsorptive Stripping Voltammetric Technique. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 35. 1001-1009.
- Alvarez, E., Sevilla, M.T., Pinilla, J.M. dan Hernandez, L. (1993). Cathodic Stripping Voltammetry of Paraquat on A Carbon Paste Electrodes Modified with Amberlite XAD-Resin. *Analytica Chimica Acta*. 260. 19-23.
- Andreescu, S. Noguer, T. Magearu, V. dan Marty, J.L. Marty. (2002). Screen Printed Electrode Based on AChE for The Detection of Pesticides in Presence of Organic Solvents. *Talanta*. 57. 169-176.
- Ashkenazi, P., Yarnitzky, C. Dan Cais, M. (1991). Determination of Synthetic Food Colors by Means of A Novel Sample Preparation System. *Anal. Chim. Acta*. 248. 289-299.
- Avramescu, A., Andreescu, S., Noguer, T., Bala, C., Andreescu. D. dan Marty, J.L. (2002). Biosensors Designed for Environmental and Food Quality Control Based on Screen Printed Graphite Electrodes with Different Configurations. *Anal. Bioanal. Chem*. 374. 25-32.
- Bilitewski, U., Jager, A. (1994). Screen Printed Enzyme Electrode for The Determination of Lactose. *Analyst*. 119. 1251-1255.
- Berzas Nevado, J.J., Guiberteau Cabanillas, C. dan Contento Salcedo, A.M. (1995). Simultaneous Spectrometric Determination of Three food Dyes by Using The First Derivative of Ratio Spectra. *Talanta*. 42. 2034-2051.

- Berzas Nevado, J.J., Rodriguez Flores, J. dan Villasenor Llerena, M.J. (1997a). Adsorptive Stripping Voltammetric of Tartrazine. *Fresenius J. Anal. Chem.* 357. 989-994. 44. 467-474.
- Berzas Nevado, J.J., Rodriguez Flores, J. dan Villasenor Llerena, M.J. (1997b). Squarewave Adsorptive Voltammetric Determination of Sunset Yellow. *Talanta*. 44. 467-474.
- Berzas Nevado, J.J., Rodriguez Flores, J., Guiberteau Cabanillas, C. Villasenor Llerena, M.J. dan Contento Salcedo, A.M. (1998). Resolution of Ternary Mixture of Tartrazine, Sunset Yellow and Ponceau 4R by Derivative Spectrophotometric Ratio Spectrum-Zero Crossing Method in Commercial Foods. *Talanta*. 46. 933-942.
- Bodoki, E., Laschi, S., Palchetti, I., Sandulescu, R. dan Mascini, M. (2008). Electrochemical Behaviour of Colchicine Using Graphite-Based Screen-Printed Electrodes. *Talanta*. 76. 288-294.
- Burgoa Calvo, M.E., Renedo, O.D. dan Arcos Martinez M.J. (2007). Determination of Lamotrigine by Adsorptive Stripping Voltammetry Using Silver Nanoparticle Modified Carbon Screen Printed Electrodes. *Talanta*. 74. 59-64.
- Centi, S., Laschi, S., Franek, M. dan Mascini, M. (2005). A Disposable Immunomagnetic Electrochemical Sensor Based on Functionalised Magnetic Beads and Carbon-Based Screen-Printed Electrodes for The Detection of Polychlorinated Biphenyl. *Analytica Chimica Acta*. 538. 205-212.
- Chanlon, S., JolyPottuz, L., Chatelu, M., Vittori, O. dan Cretier, J.L. (2005). Determination of Carmoisine, Allura Red and Ponceau 4R in Sweets and Soft Drinks by Differential Pulse Polarography. *Journal of Food and Analysis*. 18. 503-515.
- Cheng, X.H. dan Guo. W. (2007). The Oxidation Kinetics of Reduction Intermediate Product of Methyl Red with Hydrogen Peroxide. *Dyes and Pigments*. 72. 372-377.
- Clydesdale, F.M. (1993). Color as A Factor in Food Choice. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 33. 83-101.
- Combeau, S., Chatelut, M. dan Vittori, O. (2002). Identification and Simultaneous Determination of Azorubin, Allura Red and Ponceau 4R by Differential Pulse Polarography: Application to Soft Drinks. *Talanta*. 56. 115-122.



- Coulson, J. (1980). Synthetic Organic Colours for Food. Dalam Walford, J. (Ed.). *Development of Food Colours – I* (pp. 47-94). London: Applied Science.
- Cui, G., Yoo, J.H. Yoo, Lee J.S., Yoo, J., Uhm, J.H., Cha, G.S. dan Nam, H. (2001). Effect of Pre-Treatment on The Surface and Electrochemical Properties of Screen Printed Carbon Paste Electrode. *Analyst*. 126. 1399-1403.
- Datuk Seri Dr. Chua Soi Lek. (2007). Pewarna Red 2G Diharamkan. Berita Dalam Negeri. *Utusan Online*. [http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2007&dt=1012&pub=utusan\\_malaysia&sec=Dalam\\_Negeri&pg=dn\\_04.htm&arc=hive](http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2007&dt=1012&pub=utusan_malaysia&sec=Dalam_Negeri&pg=dn_04.htm&arc=hive)
- David, K.G. Jr. (1994). *Cyclic Voltammetry: Simulations and Analysis of Reaction Mechanisms*. New York: VCH Publishers.
- Desmond, D. Lane, B., Alderman, J., Hill, M., Arrigan, D.W.M., Glennon, J.D. (1998). An Environmental Monitoring System for Trace Metals Using Stripping Voltammetry. *Sensors and Actuators B*. 48. 409-414.
- Diaz-Gonzales, M., Fernandez-Sanchez, Cesar dan Costa-Garcia, A. (2001). Comparative Voltammetric Behaviour of Indigo Carmine at Screen-Printed Carbon Electrodes. *Electroanalysis*. 14. 665-670.
- Dominguez Renedo, O. dan Arcos Martinez, M.J. (2007a). Anodic Stripping Voltammetry of Antimony Using Gold Nanoparticle Modified Carbon Screen Printed Electrodes. *Analytica Chimica Acta*. 589. 225-260.
- Dominguez Renedo, O., Alonso-Lomillo, M.A. dan Arcos Martinez, M.J. (2007b). Recent Developments in The Field of Screen Printed Electrodes and Their Related Applications. *Talanta*. 73. 202-219.
- Drake, J.J.P. (1980). Toxicological Aspects. Dalam Walford, J. (Ed.). *Development of Food Colours – I* (pp. 219-246). London: Applied Science.
- Du, M., Han, X., Zhuo, Z. dan Wu., S. (2006). Determination of Sudan 1 in Hot Chili Powder by Using An Activated Glassy Carbon Electrode. *Food Chemistry*. 105. 883-888.
- Esteban, M. Dan Casassas, E. (1994). Stripping Electroanalytical Techniques in Environmental Analysis. *Trends in Analytical Chemistry*. 13. 110-117.
- Fogg, A.G. dan Yoo, K.S. (1979a). Direct Differential-pulse Polarographic Determination of Mixtures of The Food Colouring Matters Tartrazine-Sunset Yellow FCF, Tartrazine-Green S and Amaranth-Green S in Soft Drinks. *Analyst*. 104. 723-729.

- Fogg, A.G. dan Yoo, K.S. (1979b). Direct Differential-pulse Polarographic Determination of Mixtures of Food Colouring Matters Chocolate Brown HT, Tartrazine dan Green S. *Analyst*. 104. 1087-1090.
- Fogg, A.G. dan Bhanot, D. (1981). Further Voltammetric Studies of Synthetic Food Colouring Matters at Glassy Carbon and Carbon Paste Electrodes Using Static and Flowing System. *Analyst*. 106. 883-889.
- Fogg, A.G. (1994). Adsoptive Stripping Voltammetry or Cathodic Stripping Voltammetry?. Methods of Accumulation and Determination of Stripping Voltammetry. *Anal. Proc.* 31. 313-317.
- Galan-Vidal, C.A., Munoz, J., Domingues, C. dan Alegret, S. (1995). Chemical Sensors, Biosensors and Thick Film Technology. *Trends in Analytical Chemistry*. 14. 225-231.
- Ge, F., Zhang, X.E., Zhang, Z.H. dan Zhang, X.M. (1997). Simulataneous Determination of Maltose and Glucose Using A Screen Printed Electrode System. *Biosensors and Bioelectronics*. 13. 333-339.
- Gemeay, A.H. (2002). Kinetics and Mechanism of The Reduction Some Azo Dyes by Inorganic Oxysulfur Compounds. *Dyes and Pigments*. 54. 201-212.
- Ghamouss, F., Tessier, P.Y., Djouadi, M.A., Besland, M.P., Boujtita, M. (2007). Examination of The Electrochemical Reactivity of Screen Printed Carbon Electrode Treated by Radio-Frequency Agron Plasma. *Electrochemistry Communiactions*. 9. 1798-1804.
- Guo, Y.J., Pan, J.H., Li X. M dan Lu, F. (2006). Electroanalytical Method of Acid Red 1 and Its Supramolecular System with Cyclodextrins. *Dyes and Pigments*. 70. 27-30.
- Hart, J.P. dan Wring, S.A. (1997). Recent Developements in The Design and Application of Screen-Printed Electrochemical Sensors for Biomedical, Environmental and Industial Analysis. *Trends in Analytical Chemistry*. 22. 456-469.
- Hart, A.L., Collier W.A dan Janssen, D. (1997). The Response of Screen-Printed Enzyme Electrodes Containing Cholinesterases to Organo-Phosphates in Solution and From Commercial Formulations. *Biosensors and Bioelectronics*. 12. 645-654.

- Honeychurch, K.C., Hart, J.P., Cowell, D.C. dan Arrigan, D.W.M. (2001a).  
 Voltammetric Studies of Lead at Calixarene Modified Screen-Printed Carbon Electrodes and Its Trace Determination in Water by Stripping Voltammetry. *Sensors and Actuators B*. 77. 642-652.
- Honeychurch, K.C., Hart, J.P., Cowell, D.C. (2001b). Voltammetric Studies of Lead at 1-(2-pyridylazo)-2-naphtol Modified Screen-Printed Carbon Electrodes and Its Trace Determination in Water by Stripping Voltammetry. *Anal.Chim.Acta*. 431. 89-99.
- Honeychurch. K.C., Hawkins, D.M.Hart, J.P. dan Cowell, D.C. (2002).  
 Voltammetric Behaviour and Trace Determination of Copper at A Mercury Free Screen Printed Carbon Electrode. *Talanta*. 57. 565-574.
- Honeychurch K.C. dan Hart, J.P. (2003). Screen Printed Electrochemical for Monitoring Pollutants. *Trends in Analytical Chemistry*. 16. 89-103.
- Huang, H.Y., Chiu, C.W., Sue, S.L. dan Cheng, C.F. (2003). Analysis of Food Colorants by Capillary Electrophoresis with Large-Volume Sample Stacking. *Journal of Chromatography A*. 995. 29-36.
- Huang, H.Y., Shih, Y.C. dan Chen, Y.C. (2002). Determining Eight Colorants in Milk Beverages by Capillary Electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 959. 317-325.
- Ibrahim, M.S, Al-Magboul, K.M. dan Kamal, M.M. (2001). Voltammetric Determination of The Insecticide Buprofezin in Soil and Water. *Analytica Chimica Acta*. 432. 21-26.
- Jamal Khair Hashim dan Noraini Dato' Mohd Othman. (1997). *Bahan Kimia Dalam Makanan Kita*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- JECFA. (2001). Summary of Evaluations Performed by The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives 2001.
- Kadara, R.O. dan Tothill, I.E. (2005). Resolving The Copper Interference Effect on The Stripping Chronopotentiometric Response of Lead(II) Obtained at Bismuth Film Screen Printed Electrode. *Talanta*. 66. 1089-1093.
- Kalcher, K., Kaufmann, J.M., Wang, J., Svancara, I., Vytras, K., Neuhold, C. dan Yang, Z. (1995). Sensors Based on Carbon Paste in Electrochemical Analysis. *Electroanalysis*. 7. 5-19.
- Kennedy, J.F. (1990). *Analytical Chemistry Principles*. (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Saunders College Publishing.

- Kinoshita, K. (1988). *Carbon: Electrochemical and Physiochemical Properties*. New York: John Wiley.
- Koncki, R., Glab, S., Dziwulska, J., Palchetti, I., Mascini, M. (2000). Disposable Strip Potentiometric Electrodes with Solvent Polymeric Ion Selective Membranes Fabricated Using Screen Printing Technology. *Anal. Chim. Acta.* 385. 451-459.
- Laschi, S., Palchetti, I. Dan Mascini, M. (2006). Gold-Based Screen-Printed Sensor for Detection of Trace Lead. *Sensors and Actuators B.* 114. 460-465.
- Liu, G. dan Lin, Y. (2005). Electrochemmical Stripping Analysis of Organophosphate Pesticides and Nerve Agents. *Electrochemistry Communications.* 7. 339-343.
- Locatelli, C. dan Torsi, G. (1998). Simultaneous Voltammetric Determination of Toxic Metals in Sediments. *Talanta.* 46. 623-629.
- Lund, H. dan Iversen, V. (1973). Practical Problems in Electrolysis. Dalam Baizer, M.M. (Ed). *Organic Electrochemistry* (pp.165-252). New York: Marcel Dekker Inc.
- Ma, T.J. dan Yang, G.F. (1989). *New Edition of Food Additives*. (pp. 320-328) Beijing. Chinese Agriculture Publishing Press.
- Ma, M., Luo, X., Chen, B., Su, S. dan Yao, S. (2006). Simultaneous Determination of Water-Soluble and Fat-Soluble Synthetic Colorants in Foodstuff by High Performance Liquid Chromatography-Diode Array Detection-Electrospray Mass Spectrometry. *Journal of Chromatography A.* 1103. 170-176.
- McCreery, R.L. (1991). Carbon Electrodes: Structural Effect on Electron Transfer Kinetic. Dalam Bard, A.J. (Ed). *Electroanalytical Chemistry* (pp. 221-374). Volume 17. New York: Marcel Dekker Inc.
- Menek, N. dan Karaman, Y. (2005). Polarographic and Voltammetric Investigation of 8-Hydroxy-7-(4-Sulfo-1-naphthylazo)-5-quinoline sulfonic acid. *Dyes and Pigments.* 67. 9-14.
- Newsome, R.L. (1989). Natural and Synthetic Coloring Agents. Dalam Branen, A.L., Davidson, P.M.. dan Salminen, S. (Ed.) *Food Additives* (pp. 297-326). New York: Marcel Dekker Inc.
- Ni, Y., Bai, J dan Jin, L. (1996). Simulataneous Adsoprtive Voltammetric Analysis of Mixed Colorants by Multivariate Calibration Approach. *Analytica Chimica Acta.* 329. 65-72.

- Ni, Y. dan Bai, J. (1997). Simultaneous Determination of Amaranth and Sunset Yellow by Ratio Derivative Voltammetry. *Talanta*. 44.105-109.
- Osborne, M.D., Seddon, B.J., Dryfe, R.A.W, Lager, G., Loyall, U., Schafer, H. dan Girault, H.H. (1996). Excimer Laser-Induced Electrochemical Activity in Carbon Ink Films. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 417. 5-15.
- Palchetti, I., Cagnini, A., Mascini, M. dan Turner, A.F. (1999). Characterisation of Screen- Printed Electrodes for Detection of Heavy Metals. *Microchimica Acta*. 131. 65-73.
- Pravda, M., O'Meara, C. dan Guibault, G.G. (2001). Polishing of Screen Printed Electrodes Improves IgG Adsorption. *Talanta*. 54. 887-892.
- Rice., M.E., Galus, Z. dan Adams, R.N. (1983). Graphite Paste Electrodes Effect of Paste Composition and Surface on Electron Transfer Rates. *J. Electroanal.Chem*. 143. 89-102.
- S.M. Mohamed Idris. (2007). Pastikan Rhodamine B Tiada dalam Makanan. Forum. *Utusan Online*. [http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2007&dt=1123&pub=Utusan\\_Malaysia&sec=Forum&pg=fo\\_01.htm](http://www.utusan.com.my/utusan/info.asp?y=2007&dt=1123&pub=Utusan_Malaysia&sec=Forum&pg=fo_01.htm)
- Sha, Y., Gao, Q., Qi, B. Dan Yang, X. (2004). Electropolymerization of Azure B on a Screen-Printed Carbon Electrode and its Application to The Determination of NADH in a Flow Injection Analysis System. *Microchimica Acta*. 148. 335-341.
- Shih, Y., Zen, J.M. dan Yang, H.H. (2002). Determination of Codeine in Urine and Drug Formulations Using a Clay Modified Screen-Printed Carbon Electrode. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 29. 827-833.
- Shumyantseva, V.V., Carrara, S., Bavastrello, Jason Riley, D., Bulko. V.T., Skryabin, K.G., Archakov, A.I. dan Nicolini, C. (2005). Direct Electron Transfer Between Cytochrome P450scc and Gold Nanoparticles on Screen-Printed Rhodium-Graphite Electrodes. *Biosensors and Bioelectronics*. 21. 217-222.
- Skoog, D.A., West, D.M. dan Holler, F.J. (1996). *Fundamental of Analytical Chemistry*. (7<sup>th</sup> ed.). New York: Saunders College Publishing.
- Smyth, M.R. dan Vos, J.V. (1992). *Analytical Voltammetry*. (27<sup>th</sup> ed.). Amsterdam: Elsevier Publishing Company.

- Sprules, S.D., Hart, J.P, Wring, S.A. dan Pittson, R. (1995). A Reagentless, Disposable Biosensor for Lactic Acid Based on Screen Printed Carbon Electrode Containing Meldola Blue and Coated with Lactase Dehydrogenase,  $\text{NAD}^+$  and Cellulose Acetate. *Analytica Chimica Acta*. 304. 17-24.
- Sun, W., Jiao, K., Wang, X dan Lu, L. (2005). Electrochemical studies of The Reaction Between Albumin and Amaranth and Its Analytical Application. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 578. 37-43.
- Svancara, I., Vytras, K., Renger, F. Dan Smyth, M.R. (1992). Application of Carbon Paste Electrodes in Electroanalysis. *Sb. Ved. Praci. Vys. Skola. Chem. Technol. Pardubice*. 56. 21-32.
- Svancara, I dan Vytras, K. (1993). Voltammetry with Carbon Paste Electrodes Containing Plasticizers Used for PVC-Based Ion-Selective Electrodes. *Analytica Chimica Acta*. 273. 195-204.
- Urbaniczky, C. dan Lundstrom, K. (1984). Voltammetric Studies of Carbon Paste Electrode. The Influence of Paste Composition on Electrode Capacity and Kinetic. *J. Electroanal.Chem*. 176. 169-182.
- Venkataraman, K. (1952). *The Chemistry of Synthetic Dyes*. Volume 1. New York: Academic Press Inc.
- Vidotti E.C., Costa, W.F. dan Oliveira, C.C. (2006). Developement of Green Chromatographic Method for Detrmination of Food Colorants in Food Samples. *Talanta*. 68. 516-521.
- Von Elbe, .J.H. dan Schwartz S.J. (1996). Colorants. Dalam Fennema, O.R (Ed.) *Food Chemistry* (pp.651-722). New York: Marcel Dekker Inc.
- Walcarius, A., Devoy, J. Dan Bessiere, J. (2000). Silica Modified Electrode for The Selective Detection of Mercury. *J. Solid State Electrochem*. 4. 320-326.
- Wang, J. (1985). *Stripping Analysis: Principal, Instrumentations and Applications*. Florida: VCH Publishers.
- Wang, J. (1994). *Analytical Electrochemistry*. New York: VCH Publishers.
- Wang, J., Tian, B., Wang, J., Lu., J., Olsen, C., Yarnitzky, Olsen, K., Hammerstrom, D. dan Bennet W. (1999). Stripping Analysis Into The 21st Century: Faster, Smaller, Cheaper, Simpler and Better. *Analytica Chimica Acta*. 385. 429-435.

- Wei, H., Sun, J.J., Xie, Y., Lin, C.G., Wang, Y.M., Yin, W.H. dan Chen, G.N. (2007). Enhanced Electrochemical Performance At Screen Printed Carbon Electrodes by A New Pretreating Procedure. *Analytica Chimica Acta*. 588. 287-303.
- Wring, S.A. dan Hart, J.P. (1992). Chemically Modified Screen Printed Carbon Electrodes. *Analyst*. 117. 1281-1286.
- Wu, J., Suls, J. dan Sansen, W. (2000). Amperometric Determination of Ascorbic Acid on Screen Printing Ruthenium Dioxide Electrode. *Electrochemistry Communications*. 156. 90-93.
- Xian, E.Z. (2004) Screen Printing Methods for Biosensor Production. Dalam Cooper, J.M. dan Cass, A.E.G. (Ed.) *Biosensors*. (pp. 41-57). New York: Oxford University Press Inc.
- Xie, X., Stuben, D., Berner, Z., Albers, J., Hintshe, R. dan Jantzen, E. (2004). Developement of An Ultramicroelectrode Arrays (UMEA s) Sensor for Trace Heavy Metal Measurement in Water. *Sensors and Actuators B*. 97. 168-173.
- Yarnitzky, C., Wang, J. dan Tian, B. (2000). Hand-held Lead Analyzer. *Talanta*. 51. 333-338.
- Zanoni, M.B., Carneiro, P.A., Furlan, M. Duarte, E.S., Guaratini, C.C.I dan Fogg, A.G. (1999). Determination of The Vinylsulphone Azo Dye, Removal Brilliant Orange 3R, by Cathodic tripping Voltammetry. *Analytica Chimica Acta*. 385. 385-392.
- Zen, J.M., Lai, Y.Y., Yang, H.H. dan Senthil Kumar, A. (2002a). Multianalyte Sensor for The Simultaneous Determination of Hypoxanthine, Xanthine and Uric Acid Based on A Preanodized Nontronite Coated Screen Printed Electrode. *Sensors and Actuators B*. 84. 237-244.
- Zen, J.M., Yang, C.C dan Senthil Kumar, A. (2002b). Voltammetric Behaviour and Trace Determination of  $Pb^{2+}$  at A Mercury Free Screen Printed Silver Electrode. *Analytical Chimica Acta*. 464. 229-235.
- Zoulis, N.E. dan Efstathiou, C.E. (1996). Preconcentration at Carbon Paste Electrode and Determination by Adsorptive Stripping Voltammetry of Rutin and Other Flavanoids. *Analytica Chimica Acta*. 320. 255-261.